




МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

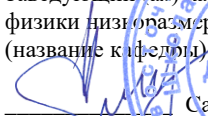
ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

«СОГЛАСОВАНО»
Руководитель ОП



Крайнова Г.С.
(подпись) (Ф.И.О. рук.ОП)
« 15 » сентября 2017 г.

«УТВЕРЖДАЮ»
Заведующий (ая) кафедрой
физики низкоразмерных структур
(название кафедры)



Саранин А.А.
(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.)
« 15 » сентября 2017 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Оптические и транспортные свойства наноструктур

Направление подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Форма подготовки очная

курс 4 семестр 7
лекции 36 час.
практические занятия 72 час.
лабораторные работы 0 час.
в том числе с использованием МАО лек. /пр. 18 /лаб. час.
всего часов аудиторной нагрузки 108 час.
в том числе с использованием МАО 18 час.
самостоятельная работа 72 час.
в том числе на подготовку к экзамену 36 час.
контрольные работы 7 семестр
курсовая работа / курсовой проект нет семестр
зачет нет семестр
экзамен 7 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ, утвержденного приказом ректора от 18.02.2016 № 12-13-235 .

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физики низкоразмерных структур, протокол № 1 от «15» сентября 2017 г.

Заведующий (ая) кафедрой чл.-корр. РАН, профессор Саранин А.А.
Составитель (ли): д.ф.-м.н. Горошко Д.Л.

Оборотная сторона титульного листа РПУД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

ABSTRACT

Bachelor's/Specialist's/Master's degree in 11.03.04 «Electronics and Nanoelectronics»

Course title: Optical and transport properties of nanostructures

Basic part of Block, _5_ credits

Instructor: D.L. Goroshko, Doctor of Physical and Mathematical Sciences
School of Natural Sciences of Far Eastern Federal University.

At the beginning of the course a student should be able to:

SPC-1 - the ability to build a simple physical and mathematical models of devices, circuits, devices, and electronics and nanoelectronics facilities for various purposes, as well as the use of standard software for their computer modeling;

SPC-3 - a willingness to analyze and systematize the results of research, provide inputs in the form of research reports, publications and presentations.

Learning outcomes:

SPC-2 - the ability to choose the arguments and put into practice an effective method of experimental investigation of parameters and characteristics of devices, circuits, devices, and electronics systems and nanoelectronics various functional purpose.

Course description:

Contents covers the following issues: ways of formation of nanostructures; the basic mechanisms of electrical conduction in semiconductors; quantum size effect and its impact on the electrical and optical properties; the formation of the electron gas of reduced dimension; vibrational band states in superlattices; methods of calculation of the vibrational spectra of nanocrystals; physics of radiative recombination of charge carriers in nanostructures; the spectral properties of photodetectors based nanocomposite materials.

Objective: To familiarize students with the peculiarities of formation of nanostructured materials and their influence on the optical and transport properties of nanostructures based on transition metal silicide semiconductor silicon, metal nanoparticles on a dielectric substrate and superlattices. The rapid development of the electronics nano direction due to the bright prospects of this work. It is based on the latest theoretical and experimental studies, which allowed to achieve a qualitative leap in the field of traditional silicon electronics.

Tasks:

- Exploring ways to form nanostructured materials and heterostructures;
- development of diagnostic methods for optical and electrical properties of nanostructures;

• establish the relationship between the structural properties of materials and their optical and electrical characteristics.

Main course literature:

1. Kiselev G.L. Kvantovaya i opticheskaya ehlektronika Izdatel'stvo "Lan" , 2017. – 316 s. <https://e.lanbook.com/book/91904#bibliography>
2. Lekcii po fizike: uchebnoe posobie dlya vuzov po estestvennonauchnym i tekhnicheskim napravleniyam / R. A. Brazhe. - Sankt-Peterburg: Lan', 2013. 319 s. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:731004&theme=FEFU>
3. Panov M.F., Solomonov A.V. Fizicheskie osnovy fotoniki, Izdatel'stvo "Lan", 2018, 564 s. <https://e.lanbook.com/book/101835>
4. Ignatov A.N. Optoelektronika i nanofotonika, Izdatel'stvo "Lan", 2017, 596 s. <https://e.lanbook.com/book/95150>
5. Osnovy nano- i funkcional'noj ehlektroniki : uchebnoe posobie / YU. A. Smirnov, S. V. Sokolov, E. V. Titov. Sankt-Peterburg : Lan', 2013. 310 s. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:727638&theme=FEFU>

Form of final knowledge control: examination

АННОТАЦИЯ

Учебно-методический комплекс дисциплины «Оптические и транспортные свойства наноструктур» разработан для студентов 4 курса, обучающихся по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ, положением об учебно-методических комплексах дисциплин образовательных программ высшего профессионального образования (утверждено приказом и.о. ректора ДВФУ от 17.04.2012 № 12-13-87).

Дисциплина «Оптические и транспортные свойства наноструктур» входит в блок дисциплин по выбору студентов вариативной части профессионального цикла.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетные единицы, 180 часов. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (36 часов), практические занятия (72 часа), самостоятельная работа (72 часа, в том числе 36 часов на подготовку к экзамену). Дисциплина реализуется на 4 курсе в 7-м семестре.

Содержание дисциплины охватывает следующий круг вопросов: способы формирования наноструктур; основные механизмы электропроводности в полупроводниках; размерное квантование и его влияние на электрические и оптические свойства; формирование электронного газа пониженной размерности; колебательные зонные состояния в сверхрешетках; методы расчета колебательных спектров нанокристаллов; физика процессов излучательной рекомбинации носителей заряда в наноструктурах; спектральные свойства фотоприемников на основе нанокompозитных материалов.

Цель: ознакомление студентов с особенностями формирования наноструктурированных материалов и их влияния на оптические и транспортные свойства наноструктур на основе полупроводниковых силицидов переходных металлов на кремнии, металлических наночастиц на диэлектрической подложке и сверхрешеток. Быстрое развитие nanoориентированного направления электроники связано с блестящими перспективами такой работы. Оно основывается на новейших теоретических и экспериментальных исследованиях, позволивших достигнуть качественного скачка в области традиционной кремниевой электроники.

Задачи:

- изучение способов формирования наноструктурированных материалов и гетероструктур;

- освоение методов диагностики оптических и электрических свойств наноструктур;

- установление взаимосвязи между структурными свойствами материалов и их оптическими и электрическими характеристиками.

Для успешного изучения дисциплины «Оптические и транспортные свойства наноструктур» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

ПК-1 - способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования;

ПК-3 - готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общепрофессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-2, способность аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	Знает	<ul style="list-style-type: none"> - взаимосвязь между кристаллической и электронной структурой наноразмерных объектов с оптическими и эклектическими явлениями на микро и макроуровне; - возможность применения этих свойств в функциональных опто-электрических приборах; - терминологический и понятийный аппарат, применяющийся при проектировании, изготовлении и исследовании нанокристаллических структур
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> - рассчитывать оптические и электрические свойства наноструктурированных объектов в связи с наличием эффектов размерного кантования, гетероэпитаксиального встраивания в базовую матрицу; - использовать принципы и особенности функционирования фотоприемников и

		излучателей для создания новых оптоэлектрических приборов.
	Владеет	- методами измерений электрических, оптических и фотоэлектрических свойств полупроводников; - навыками работы с аппаратурой и приборами для измерений электрических, оптических и фотоэлектрических свойств полупроводников; - приемами анализа электрических, оптических и фотоэлектрических свойств полупроводников.

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (36 ЧАСОВ)

Тема 1. Формирование наноструктур на поверхности кремния (4 час.)

Создание высокоплотных массивов наноразмерных островков полупроводниковых силицидов переходных металлов на монокристаллическом кремнии. Влияние ориентации подложки и предварительно сформированных поверхностных реконструкций на формирование высокоплотных массивов наноразмерных островков полупроводниковых силицидов переходных металлов.

Тема 2. Объемные наноструктуры (4 час.)

Формирование зарращенных кремнием массивов островков полупроводниковых силицидов железа и хрома, сформированных на поверхности монокристаллического кремния. Создание многопериодных нанокомпозитов со встроенными нанокристаллитами полупроводниковых силицидов в кремниевой матрице. Ионная имплантация и постимплантационная обработка для формирования наноструктур со встроенными кристаллитами полупроводниковых силицидов.

Тема 3. Оптическая спектроскопия для характеристики наноструктур (4 час.)

Определение параметров фундаментальных межзонных переходов нанокompозитов с нанокристаллитами одного и двух полупроводниковых силицидов. Метод оптической спектроскопии.

Тема 4. Определение кинетических параметров наноструктурированных систем (4 час.)

Механизмы переноса носителей заряда при низких и высоких температурах в нанокompозитах со встроенными нанокристаллитами полупроводниковых силицидов. Термоэлектрические свойства нанокompозитных материалов. Селективное легирование термоэлектриков.

Тема 5. Излучательные и фотоспектральные свойства наноструктур (4 час.)

Люминесцентные свойства светодиодов на основе кремния со встроенными нанокристаллитами полупроводникового дисилицида железа. Фото спектральные свойства диодов на основе полупроводниковых нанокompозитов. Расширение спектрального диапазона чувствительности кремниевых детекторов.

Тема 6. Наноразмерные металлические частицы: получение, свойства (4 час.)

Металлические наночастицы: оптические свойства, обусловленные возбуждением плазмонов. Гранулированные металлические пленки: время дефазировки плазмона.

Тема 7. Электронный газ пониженной размерности (4 час.)

Энергетический спектр электронного газа пониженной размерности. Оптическое поглощение электронного газа пониженной размерности. Влияние упругих напряжений кристаллической решетки на энергетический спектр электронного газа.

Тема 8. Фотовольтаические эффекты и фотопроводимость в квантоворазмерных гетероструктурах (4 час.)

Спектроскопия фотоэдс и фототока на барьерах квантоворазмерных гетероструктур с металлом.

Тема 9. Колебательные зонные состояния в сверхрешетках (4 час.)

Фононы в объемных и ограниченных структурах. Рамановское рассеяние на сложенных акустических фононах. Фононы в нанокристаллах. Расчеты колебательных спектров нанокристаллов. Размерно-ограниченные кристаллические среды. Квантованные конфайментные оптические и акустические моды.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Практические занятия (72 час.)

Практическое занятие №1. Определение кинетических параметров наноструктурированных образцов методом регистрации эффекта Холла (8 час.)

Практическое занятие №2. Изучение спектральных зависимостей фото-ЭДС и фототока в гетероструктурах (8 час.)

Практическое занятие №3. Исследование спектров люминесценции наногетероструктур (8 час.)

Практическое занятие №4. Изучение эффекта Зеебека в структурно однородных и неоднородных полупроводниках (8 час.)

Практическое занятие №5. Метод оптической спектроскопии в широком диапазоне длин волн (8 час.)

Практическое занятие №6. Поглощение и излучение света в полупроводниках (8 час.)

Практическое занятие №7. Оптические свойства металлических наночастиц (8 час.)

Практическое занятие №8. Двумерный и одномерный электронный газ (8 час.)

Практическое занятие №9. Рамановская спектроскопия, сложенные фононные колебания (8 час.)

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Оптические и транспортные свойства наноструктур» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1.	Тема 1. Формирование наноструктур на поверхности кремния	ПК-2	знает	практическое занятие (ПР-6)	экзамен, вопросы 1-2
			умеет	практическое занятие (ПР-6)	экзамен, задание
			владеет	практическое занятие (ПР-6)	экзамен, задание, контрольная работа 1
2.	Тема 2. Объемные наноструктуры	ПК-2	знает	практическое занятие (ПР-6)	экзамен, вопросы 3-4
			умеет	практическое занятие (ПР-6)	экзамен, задание
			владеет	практическое занятие (ПР-6)	экзамен, задание, контрольная работа 2
3.	Тема 3. Оптическая спектроскопия для	ПК-2	знает	практическое занятие (ПР-6)	экзамен, вопросы 5-6

	характеризации наноструктур		умеет	практическое занятие (ПР-6)	экзамен, задание
			владеет	практическое занятие (ПР-6)	экзамен, задание, контрольная работа 3
4.	Тема 4. Определение кинетических параметров наноструктурированных систем	ПК-2	знает	практическое занятие (ПР-6)	экзамен, вопросы 7-8
			умеет	практическое занятие (ПР-6)	экзамен, задание
			владеет	практическое занятие (ПР-6)	экзамен, задание, контрольная работа 4
5.	Тема 5. Излучательные и фотоспектральные свойства наноструктур	ПК-2	знает	практическое занятие (ПР-6)	экзамен, вопросы 9-10
			умеет	практическое занятие (ПР-6)	экзамен, задание
			владеет	практическое занятие (ПР-6)	экзамен, задание, контрольная работа 5
6.	Тема 6. Наноразмерные металлические частицы: получение, свойства	ПК-2	знает	практическое занятие (ПР-6)	экзамен, вопросы 11-12
			умеет	практическое занятие (ПР-6)	экзамен, задание
			владеет	практическое занятие (ПР-6)	экзамен, задание, контрольная работа 6
7.	Тема 7. Электронный газ пониженной размерности	ПК-2	знает	практическое занятие (ПР-6)	экзамен, вопросы 13-14
			умеет	практическое занятие (ПР-6)	экзамен, задание

			владеет	практическое занятие (ПР-6)	экзамен, задание, контрольная работа 7
8.	Тема 8. Фотовольтаические эффекты и фотопроводимость в квантоворазмерных гетероструктурах	ПК-2	знает	практическое занятие (ПР-6)	экзамен, вопросы 15-16
			умеет	практическое занятие (ПР-6)	экзамен, задание
			владеет	практическое занятие (ПР-6)	экзамен, задание
9.	Тема 9. Колебательные зонные состояния в сверхрешетках	ПК-2	знает	практическое занятие (ПР-6)	экзамен, вопросы 17-20
			умеет	практическое занятие (ПР-6)	экзамен, задание
			владеет	практическое занятие (ПР-6)	экзамен, задание

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Киселев Г.Л. Квантовая и оптическая электроника Издательство "Лань", 2017. – 316 с. <https://e.lanbook.com/book/91904#bibliography>
2. Лекции по физике: учебное пособие для вузов по естественнонаучным и техническим направлениям / Р. А. Браже. - Санкт-Петербург: Лань, 2013. 319 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:731004&theme=FEFU>
3. Панов М.Ф., Соломонов А.В. Физические основы фотоники, Издательство "Лань", 2018, 564 с. <https://e.lanbook.com/book/101835>

4. Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника, Издательство "Лань", 2017, 596 с. <https://e.lanbook.com/book/95150>

5. Основы нано- и функциональной электроники : учебное пособие / Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов. Санкт-Петербург : Лань, 2013. 310 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:727638&theme=FEFU>

Дополнительная литература
(печатные и электронные издания)

1. Галкин Н.Г. и др. Формирование наноразмерных островков CrSi₂ на Si(111)7x7 и покрывающих эпитаксиальных слоев кремния в гетероструктурах Si(111)/нанокристаллиты CrSi₂/Si // Журнал технической физики 2007, т. 77, вып. 8, с.120-126.

2. Galkin N.G. et. al. Formation and transport properties of Si(111)/b-FeSi₂/Si nanoclusters structures //6-th Japan-Russia Seminar on Semiconductor surfaces. Abstracts, October 10-17, 2004, Toyama University, Japan, p. L3.

3. Галкин Н.Г. и др. Формирование, кристаллическая структура и свойства кремния со встроенными нанокристаллитами дисилицида железа на подложках Si(100) // Физика и техника полупроводников, 2007, том 41, вып. 9, с.1085-1092.

4. Galkin N.G. et. al. Silicon layers atop iron silicide nanoislands on Si(100) substrate: island formation, silicon growth, morphology and structure // Thin Solid Films, V. 515 (No 20-21) (2007) 7805-7812.

5. Галкин Н.Г. и др. Влияние толщины слоя хрома на морфологию и оптические свойства гетероструктур Si(111)/нанокристаллиты CrSi₂/Si(111) // Физика твердого тела, 2008, т. 50, вып. 2, с.345-353.

6. Галкин Н.Г. и др. Эпитаксиальный рост кремния на кремнии, имплантированном ионами железа, и оптические свойства полученных структур // Журнал технической физики, 2008, т. 78, вып. 2, с.84-90.

7. Goroshko D.L. et. al. Electrical Properties of Thin Iron Films Grown on Clean Si(100) and on Si(100)-c(4x12)-Al Surface Phase // e-Journal of Surface Science and Nanotechnology Vol. 7 (2009) 167-172.

8. Komnik Yu. F. The 2D conducting system formed by nanocrystallites CrSi₂ in the (111) plane of silicon: New object // Physica E 64 (2014) 165–168.

9. Galkin N.G. et. al. Morphological, structural and luminescence properties of Si/ β -FeSi₂/Si heterostructures fabricated by Fe ion implantation and Si MBE // J. Phys. D: Appl. Phys, 40 (2007) 5319–5326.

10. Шамирзаев Т.С. и др. Светодиодные 1.5-мкм электролюминесцентные излучатели на основе структур p⁺-Si/НК beta-FeSi₂/n-Si // ФТП, 2015, том 49, выпуск 4 с. 519-523.

11. К. Борен, Д. Хафмен. Поглощение и рассеяние света малыми частицами. М. Мир. 1986.

12. Оптика наноструктур. Под ред. А.В. Федорова. Изд-во «Недра», СПб, 2005.

13. Демиховский В.Я., Вугальтер Г.А. Физика квантовых низкоразмерных структур. М.: Логос, 2000.

14. Карпович И.А. и др. Фотоэлектрические свойства эпитаксиальных гетероструктур GaAs/InGaAs с квантовой ямой. ФТП 1990, 24, 2172.

15. Милехин А.Г. Спектроскопия колебательных состояний низкоразмерных многослойных структур. Институт физики полупроводников СО РАН. Новосибирск, 2006.

16. Питер Ю., Кардона М. Основы физики полупроводников. М.: Физматлит, 2002. - 560 с.

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочей программой учебной дисциплины «Оптические и транспортные свойства наноструктур» предусмотрено 4 практических занятия по темам:

1. Определение кинетических параметров наноструктурированных образцов методом регистрации эффекта Холла.

2. Изучение спектральных зависимостей фото-ЭДС и фототока в гетероструктурах.

3. Исследование спектров люминесценции наногетероструктур.
4. Изучение эффекта Зеебека в структурно однородных и неоднородных полупроводниках.

Самостоятельная работа студентов при изучении данной дисциплины состоит из подготовки к практическим занятиям и подготовки отчета по выполненной работе.

Целью осуществления данной деятельности является приобретение студентами, обучающимися по направлению «Электроника и наноэлектроника», навыков работы с научной литературой при подготовке к выполнению работы; практических умений при выполнении измерений и работы с приборами и установками; получение опыта обработки и интерпретации полученных результатов.

Методические указания к работе включают краткие теоретические сведения, необходимые для введения обучающихся в суть работы. Наличие этого материала это не исключает, а подразумевает использование лекционного материала и литературы из рекомендованного списка. Выполнение работы возможно только после допуска к ней, что означает опрос студентов по теории работы, и оценка освоения практической составляющей.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Установка для измерения эффекта Холла в полупроводниках.
2. Установка для измерения фото-ЭДС и фототока в гетероструктурах.
3. Установка для измерения спектров люминесценции наногетероструктур.
4. Установка для измерения эффекта Зеебека в структурно однородных и неоднородных полупроводниках



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**
по дисциплине «Оптические и транспортные свойства наноструктур»
Направление подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»
Форма подготовки очная

**Владивосток
2017**

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1 неделя семестра	Подготовка к практическому занятию	4.5 час.	Ответы на контрольные вопросы
2	3-4 недели семестра	Подготовка отчета по практическому занятию	4.5 час.	Защита отчета
3	5 неделя семестра	Подготовка к практическому занятию	4.5 час.	Ответы на контрольные вопросы
4	6-8 недели семестра	Подготовка отчета по практическому занятию	4.5 час.	Защита отчета
5	9 неделя семестра	Подготовка к практическому занятию	4.5 час.	Ответы на контрольные вопросы
6	10-12 недели семестра	Подготовка отчета по практическому занятию	4.5 час.	Защита отчета
7	13 неделя семестра	Подготовка к практическому занятию	4.5 час.	Ответы на контрольные вопросы
8	14-16 недели семестра	Подготовка отчета по практическому занятию	4.5 час.	Защита отчета
9	18 неделя семестра	Подготовка к экзамену	36 час.	Экзамен
Итого			72 час.	

Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению

Задания и методические рекомендации для самостоятельной работы обеспечивают подготовку отчетов по результатам практических занятий. Их полным содержанием в виде методических указаний обучаемые обеспечиваются перед началом подготовки к работе.

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

Результаты самостоятельной работы отражаются в письменных работах (отчетах по практическим занятиям).

К представлению и оформлению отчетов по практическим занятиям предъявляются следующие требования.

Структура отчета

Отчеты представляются в электронной форме, подготовленные как текстовые документы в редакторе MSWord и на бумажном носителе.

Отчет по работе должен быть обобщающим документом, включать всю информацию по выполнению заданий, в том числе построенные диаграммы, таблицы, приложения, список литературы и (или) расчеты, сопровождая необходимыми пояснениями и иллюстрациями в виде схем и т. п.

Структурно отчет по работе комплектуется по следующей схеме:

✓ *Титульный лист* – обязательная компонента отчета, первая страница отчета, по принятой для работ форме;

✓ *Исходные данные к выполнению заданий* – обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержат указание варианта, темы и т.д.);

✓ *Основная часть* – материалы выполнения заданий, разбивается по рубрикам, соответствующих заданиям работы, с иерархической структурой: разделы – подразделы – пункты – подпункты и т. д.

Рекомендуется в основной части отчета заголовки рубрик (подрубрик) давать исходя из формулировок заданий;

✓ *Выводы* – обязательная компонента отчета, содержит обобщающие выводы по работе (какие задачи решены, оценка результатов, что освоено при выполнении работы);

✓ *Список литературы* – обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит список источников, использованных при выполнении работы, включая электронные источники (список нумерованный, в соответствии с правилами описания библиографии);

✓ *Приложения* – необязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит дополнительные материалы к основной части отчета.

Оформление отчета по работе

Отчет по работе относится к категории «*письменная работа*», оформляется *по правилам оформления письменных работ студентами ДВФУ*.

Необходимо обратить внимание на следующие аспекты в оформлении отчетов работ:

- набор текста;
- структурирование работы;
- оформление заголовков всех видов (рубрик-подрубрик-пунктов-подпунктов, рисунков, таблиц, приложений);
- оформление перечислений (списков с нумерацией или маркировкой);
- оформление таблиц;
- оформление иллюстраций (графики, рисунки, фотографии, схемы, «скриншоты»);
- набор и оформление математических выражений (формул);
- оформление списков литературы (библиографических описаний) и ссылок на источники, цитирования.

Набор текста

Набор текста осуществляется в соответствии со следующими требованиями:

- ✓ печать – на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (размер 210 на 297 мм.);
- ✓ интервал межстрочный – полуторный;
- ✓ шрифт – Times New Roman;
- ✓ размер шрифта - 14 пт., в том числе в заголовках (в таблицах допускается 10-12 пт.);
- ✓ выравнивание текста – «по ширине»;
- ✓ поля страницы - левое – 25-30 мм, правое – 10 мм, верхнее и нижнее – 20 мм;

✓ нумерация страниц – в правом нижнем углу страницы (для страниц с книжной ориентацией), сквозная, от титульного листа до последней страницы, арабскими цифрами (первой страницей считается титульный лист, на котором номер не ставится, на следующей странице проставляется цифра «2» и т. д.).

Если рисунок или таблица размещены на листе формата больше А4, их следует учитывать, как одну страницу. Номер страницы в этих случаях допускается не проставлять.

Список литературы и все *приложения* включаются в общую в сквозную нумерацию страниц работы.

Подготовка к контрольным работам

Подготовка к контрольным работам проводится по тематике лекций в рамках рассмотренных тем. Вопросы выносятся на контрольные работы без их предварительного обсуждения. Преподаватель оставляет за собой право проводить короткие по времени контрольные работы (до 10 минут) с ответом на 5 коротких вопросов, сформулированных в строгом соответствии с темами лекционных занятий и списком предлагаемых для самоконтроля вопросов.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «Оптические и транспортные свойства наноструктур»
Направление подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»
Форма подготовки очная

Владивосток
2017

Паспорт ФОС

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели	баллы
ПК-2, способность аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	знает (пороговый уровень)	- взаимосвязь между кристаллической и электронной структурой наноразмерных объектов с оптическими и эклектическими явлениями на микро и макроуровне; - возможность применения этих свойств в функциональных опто-электрических приборах; - терминологический и понятийный аппарат, применяющийся при проектировании, изготовлении и исследовании нанокристаллических структур	воспроизводить и объяснять учебный материал требуемой степенью научной точности и полноты	способность показать базовые знания в использовании: - принципов создания наноструктур; - инструментальных средств формирования нанокомпозитов; - особенностей эффектов, проявляющихся в наноструктурах	Отлично – 100-86 баллов Хорошо – 85-76 баллов Удовлетворительно – 75-61 баллов Неудовлетворительно – 60-50 баллов
	умеет (продвинутый)	- рассчитывать оптические и электрические свойства наноструктурированных объектов в связи с наличием эффектов размерного кантования, гетерозепитаксиального встраивания в базовую матрицу; - использовать принципы и особенности функционирования фотоприемников и излучателей для создания новых оптоэлектрических приборов.	выполнять типичные задачи на основе воспроизведения стандартных алгоритмов решения	способность применить практические умения в задачах, связанных с выбором и обоснованием моделей расчета оптических и электрических свойств наноструктурированных объектов; способность проектировать новые оптоэлектрические приборы с использованием принципов и особенностей функционирования нанокompозитных фотоприемников и излучателей	Отлично – 100-86 баллов Хорошо – 85-76 баллов Удовлетворительно – 75-61 баллов Неудовлетворительно – 60-50 баллов
	владеет (высокий)	- методами измерений электрических,	решать усложненные задачи	способность применить фактическое и теоретическое знание,	Отлично – 100-86 баллов

		<p>оптических и фотоэлектрических свойств полупроводников;</p> <p>- навыками работы с аппаратурой и приборами для измерений электрических, оптических и фотоэлектрических свойств полупроводников;</p> <p>- приемами анализа электрических, оптических и фотоэлектрических свойств полупроводников.</p>	<p>нетипичных ситуациях на основе приобретенных знаний, умений и навыков</p>	<p>практические умения по исследованию электрических, оптических и фотоэлектрических свойств полупроводников и разработки новых оптоэлектрических приборов;</p> <p>обосновать выбор проектных решений по разработке гетероструктур используя опыт существующих наработок и решений для внедрения в новые и традиционные технологические процессы полупроводниковой микроэлектроники и фотоники.</p>	<p>Хорошо – 85-76 баллов</p> <p>Удовлетворительно – 75-61 баллов</p> <p>Неудовлетворительно – 60-50 баллов</p>
--	--	---	--	---	--

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

- Отлично - если ответ показывает, что студент глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, правильно обосновывает принятое решение. Знает и умеет строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и оптоэлектроники различного функционального назначения.
- Хорошо - ответ, обнаруживающий что студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов. Знает и умеет строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и оптоэлектроники различного функционального назначения. Однако допускается одна - две неточности в ответе.
- Удовлетворительно - оценивается ответ, свидетельствующий что студент имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала. Знает не все простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и оптоэлектроники

различного функционального назначения. Допускается несколько ошибок в содержании ответа.

- Неудовлетворительно - ответ, обнаруживающий что студент не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Не знает простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и оптоэлектроники различного функционального назначения. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа.

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Вопросы к экзамену

1. Создание высокоплотных массивов наноразмерных островков полупроводниковых силицидов переходных металлов на монокристаллическом кремнии.

2. Влияние ориентации подложки и предварительно сформированных поверхностных реконструкций на формирование высокоплотных массивов наноразмерных островков полупроводниковых силицидов переходных металлов.

3. Формирование зарощенных кремнием массивов островков полупроводниковых силицидов железа и хрома, сформированных на поверхности монокристаллического кремния.

4. Создание многопериодных нанокompозитов со встроенными нанокристаллитами полупроводниковых силицидов в кремниевой матрице.

5. Определение параметров фундаментальных межзонных переходов нанокompозитов с нанокристаллитами одного и двух полупроводниковых силицидов. Метод оптической спектроскопии.

6. Ионная имплантация и постимплантационная обработка для формирования наноструктур со встроенными кристаллитами полупроводниковых силицидов.

7. Механизмы переноса носителей заряда при низких и высоких температурах в нанокompозитах со встроенными нанокристаллитами полупроводниковых силицидов

8. Термоэлектрические свойства нанокompозитных материалов. Селективное легирование термоэлектриков.

9. Люминесцентные свойства светодиодов на основе кремния со встроенными нанокристаллитами полупроводникового дисилицида железа.

10. Фото спектральные свойства диодов на основе полупроводниковых нанокompозитов. Расширение спектрального диапазона чувствительности.

11. Металлические наночастицы: оптические свойства, обусловленные возбуждением плазмонов.

12. Гранулированные металлические пленки: время дефазировки плазмона.

13. Энергетический спектр электронного газа пониженной размерности. Оптическое поглощение электронного газа пониженной размерности.

14. Энергетический спектр электронного газа пониженной размерности. Влияние упругих напряжений на энергетический спектр электронного газа.

15. Фотовольтаические эффекты и фотопроводимость в квантоворазмерных гетероструктурах.

16. Спектроскопия фотоэдс и фототока на барьерах квантоворазмерных гетероструктур с металлом.

17. Колебательные зонные состояния в сверхрешетках. Фононы в объемных и ограниченных структурах.

18. Колебательные зонные состояния в сверхрешетках. Рамановское рассеяние на сложенных акустических фононах.

19. Фононы в нанокристаллах. Расчеты колебательных спектров нанокристаллов.

20. Размерно-ограниченные кристаллические среды. Квантованные конформентные оптические и акустические моды.

**Оценочные средства для текущей аттестации
КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ**

Контрольная работа №1

1. Формирование эпитаксиальных структур.
2. Дефекты интерфейса при гетероэпитаксии; причины, способы устранения.
3. Особенности взаимодействия железа и кремния при молекулярно-лучевой эпитаксии.
4. Движущая сила процесса самоформирования массива высокоплотных островков на кремнии.
5. Влияние ориентации поверхности подложки на процесс самоорганизации.
6. Влияние поверхностных реконструкций при гетероэпитаксии.

Контрольная работа №2

1. Отличие и сходство явлений объемного и поверхностного псевдоморфизма.
2. Преимущества и недостатки молекулярно-лучевой эпитаксии для формирования объемных наноструктур.
3. Импульсный ионный отжиг; физико-химические процессы, происходящие при ИИО.
4. Способы восстановления кристаллической структуры подложки после ионной имплантации.
5. Многокомпонентные (каскадные) нанокompозитные материалы. Формирование, применение.

Контрольная работа №3

1. Характерные особенности спектров отражения и пропускания кремниевой подложки.

2. Явление интерференции в слоистых гетероструктурах.
3. Определение энергии непрямого межзонного перехода на тонких образцах.
4. Собственное поглощение.
5. Правила отбора для электронных переходов.
6. Роль фонона при непрямых переходах.

Контрольная работа №4

1. Критерии сильного и слабого магнитного поля в отношении носителей зарядов в полупроводнике.
2. Механизмы рассеяния влияют на температурный характер движения электронов.
3. Особенности эффекта Холла в неоднородных средах.
4. Добротность термоэлектрика?
5. Связь коэффициента термоэдс с электропроводностью в классических и наноструктурированных термоэлектриках.

Контрольная работа №5

1. Рекомбинационное излучение.
2. Различие в спектрах фото и электролюминесценции.
3. Влияние скорости поверхностной рекомбинации носителей заряда на фотоэдс.
4. Связь между шириной запрещенной зоны и краем поглощения в гетероструктурах.
5. Отличие внешней и внутренней квантовой эффективности.
6. Теоретический предел КПД солнечного элемента.

Контрольная работа №6

1. Плазменные возбуждения в твердых телах и одноэлектронное возбуждение.
2. Зависимость частоты плазмонов от формы и размера частиц.
3. Температурная зависимость спектров экстинкции массивов металлических наночастиц.
4. Спектр экстинкции плазмонов, локализованных в металлических частицах, его ширина.
5. Методики анализа спектра экстинкции.

Контрольная работа №7

1. Природа возникновения электронного газа пониженной размерности.
2. Типы локализации электронов в квантовых ямах.
3. Фотоэлектрический спектр квантово-размерных материалов.
4. Условия, при которых квантовая яма (точка) проявляет свои свойства.
5. Условия наблюдения размерных эффектов в наноструктурах.